第 37 卷第 13 期
2017 年 7 月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.37,No.13
Jul.,2017

DOI: 10.5846/stxb201603110433

马一丁,付晓,田野,王辰星,吴钢.锡林郭勒盟煤电基地开发生态脆弱性评价.生态学报,2017,37(13):4505-4510.

Ma Y D, Fu X, Tian Y, Wang C X, Wu G. Analysis of the ecological vulnerability of the coal-electricity base area in Xilinguole League. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(13): 4505-4510.

锡林郭勒盟煤电基地开发生态脆弱性评价

马一丁[1,2],付 晓[1],田 野[3],王辰星[1,2],吴 钢[1,*]

1 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085

2 中国科学院大学,北京 100049

3 中国科学院遥感与数字地球研究所遥感科学国家重点实验室,北京 100101

摘要:内蒙古锡林郭勒盟国家大型煤电基地的建设,对我国华北和华东区域能源安全具有重要的作用。但随着锡盟大型煤电基地的开发,其对锡林郭勒盟这一具有重要生态屏障功能的典型草原区的生态环境造成不利影响。通过对区域生态敏感性、生态弹性及生态压力的系统研究,建立了基于生态敏感性、生态弹性及生态压力的生态脆弱性评价模型,对该区域生态脆弱性进行了评价。结果表明,锡盟地区总体生态环境质量较好,但呈现由东北向西南递减的特征。研究为锡林郭勒盟国家大型煤电基地的开发建设,区域协调发展与生态环境保护提供理论支持。

关键词:煤电基地;生态敏感性;生态弹性;生态压力;生态脆弱性

Analysis of the ecological vulnerability of the coal-electricity base area in Xilinguole League

MA Yiding[1,2], FU xiao[1], TIAN Ye[3], WANG Chenxing[1,2], WU Gang[1,*]

1 *State Key of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100085, *China*

2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*

3 *State Kay Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*

Abstract: The construction of the coal-electricity base area in Xilinguole League, Inner Mongolia, plays an important role in the regional energy security in northern and eastern China, and in the improvement of the regional ecological environment. In contrast, the development of the coal-electricity base also has adverse effects on the typical grassland region, which is an important ecological barrier. This study investigated the regional ecological sensitivity, ecological elasticity, and ecological pressure of the coal-electricity base; a model of regional ecological fragility was constructed on the basis of the three indexes. An evaluation of the regional ecological fragility was performed. The results demonstrated that the ecological environment quality of Xilinguole League is generally good; however, it was found to worsen from the northeast to the southwest. This study of Xilinguole league has positive implications for the development and construction of a large national coal-electricity base, and provides theoretical support to coordinated development and environment protection in the region.

Key Words: coal-electricity base; ecological sensitivity; ecological elasticity; ecological pressure; ecological fragility

锡林郭勒盟(以下简称锡盟)作为我国北方重要的生态安全屏障[1],特别是锡林郭勒大草原、乌拉盖湿地

基金项目:国家科技支撑计划课题(2012BAG24B05)

收稿日期:2016-03-11; **网络出版日期:**2017-02-23

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: wug@ rcees.ac.cn

等生态敏感区,其区域生态安全极为重要。锡盟地处首都北京正北方,直线距离距北京约 460km,是距离北京最近的草原牧区,是世界闻名的大草原之一,也是中国四大草原之一内蒙古草原的主要天然草场。锡盟属中温带半干旱、干旱大陆性季风气候,年平均气温 1—4℃,降水量 150—400mm,而且降水年际不均、水热不同期较为明显。锡盟草地类型多样,草原总面积 19.7 万 km^2,其中可利用草场面积 18 万 km^2,占内蒙古可利用草原面积的 1/4[2]。受降水量影响,由西向东渐次为荒漠半荒漠草原、沙地疏林草原、典型草原、草甸草原。

锡盟是国家重点生态保护与建设屏障,全国和内蒙古自治区对锡盟的生态功能定位进一步凸显了锡盟生态保护的重要性;其承担的生态功能主要是防风固沙、生物多样性保护和土壤保持。随着我国中东部能源资源衰竭,我国煤电发展战略逐渐西移。内蒙古能源基地,正逐步充当煤电供应的主力,成为支撑我国经济社会长期发展的国家能源战略基地[3]。区位特点与自然生态环境的基本特征,决定了锡林郭勒盟煤炭资源开发必须高度重视对生态环境的影响。煤电基地建设为区域经济发展提供了有力的支撑,但同时也伴随着诸多生态环境问题[4-5]。目前已有学者针对煤电基地进行资源开发现状、水土流失情况[6-11]等方面的研究工作。但针对特定区域生态环境脆弱性的研究目前较少。本文将通过对锡盟煤电基地生态敏感度、生态弹性度及生态压力度等主要指标的设置和研究,完成对锡盟煤电基地区域生态脆弱性的评价。以期为锡盟煤电基地建设及生态环境保护工作的协调发展提供借鉴。

1 研究方法

本着可操作性、科学性、可表征性及可度量性等原则,本文选取生态敏感性、生态弹性和生态压力 3 个评价指标,并进行标准化处理,在 GIS 软件中采用空间主成分分析法,确定各评价因子的权重,分别构建生态敏感度指数、生态弹性度指数和生态压力度 3 个指数,用以描述特定生态环境的脆弱程度,对生态环境脆弱性、敏感性进行定量评价。

重点评价锡盟煤电基地规划范围内 7 个矿区与输电线路通道所涉及的区域,具体包括锡林浩特市、阿巴嘎旗、东乌珠穆沁旗、西乌珠穆沁旗、乌拉盖管理区、多伦县、正蓝旗。

评价单元反映着一定的空间和实体,包括一系列影响环境质量的因素,其划分应客观地反映环境质量的空间差异,同类单元应具有一致的基本属性。本文每个栅格大小为 30m×30m,完成区域生态脆弱性评价。

评价模型构建

①选取沙化、盐渍化、水系分布距离、高程、降雨量和保护区距离等影响系统稳定性和生境脆弱性的主要因素,构建生态系统敏感度评价模型:

$$\mathrm{ESI} = \sum_{i=1}^{n} A_i \times W_i$$

式中,ESI 为生态系统敏感度指数,A_i为生态系统敏感度要素,W_i为要素 i 相对应的权重值。

②选取植被覆盖、蒸发系数等因子,构建生态弹性评价模型,其模型如下:

$$\mathrm{EEI} = \sum_{i=1}^{n} B_i \times W_i$$

式中,EEI 为生态系统弹性率指数,B_i 为生态系统弹性要素,W_i 为要素 i 相对应的权重值。

③选取人口密度、土地利用结构等因子,构建生态压力指数:

$$\mathrm{EPI} = \sum_{i=1}^{n} C_i \times W_i$$

式中,EPI 为生态系统压力度指数,C_i 为生态系统压力要素,W_i 为要素 i 相对应的权重值。

④构建区域生态环境脆弱度概念模型:

$$\mathrm{EVI} = f(\mathrm{ESI}, \mathrm{EEI}, \mathrm{EPI})$$

式中,EVI 为研究区域的区域生态环境脆弱度,ESI 为生态系统敏感度,EEI 为生态系统弹性度,EPI 为生态系统压力度。

2　研究结果

2.1　生态敏感性评价

生态环境敏感性评价是在不考虑人类活动影响的前提下,评价具体的生态过程在自然状况下潜在的产生生态环境问题的可能性大小[12-13],敏感性高的区域,生态稳定性差,当受到人类不合理活动影响时,容易产生生态环境问题,是生态环境保护和恢复建设的重点[13]。

(1)敏感度高的区域主要分布于锡盟西部的沙漠化草原、保护区周边和河流沿岸等地带,呈现出由东北向西南从低逐渐变高的态势

对于植被盖度以中低覆盖度为主的西部沙漠草原而言,其年平均蒸发量为在 2000mm/a 左右,年平均降水量 300mm/a 左右,加之该区域的地下水矿化度较高,自然因素导致区域盐渍化敏感性程度较高,特别是河道沿岸、水域湿地周边及地势较低的平原地区尤为突出。此外,由于其年平均蒸发量远远大于年平均降水量,故在煤炭开发引起局部塌陷区域所形成短暂积水区域,也很容易演变为盐碱化地带(图 1)。

(2)敏感度高的地域,易于出现土地沙漠化,如人为干扰较强则沙漠化进程更加不可逆转和恢复

敏感度高的区域,生态系统较为脆弱,土地易出现沙漠化。在区域开发过程中必须需密切关注矿区范围内自然植被类型的变化,重视矿区周边裸露地表的及时恢复,矿区开发过程中,并积极开展生态建设,防止土地退化(图 1)。

(3)敏感度处于中等区域多为典型草原地带,区域人口密度相对大且分布较为集中,城市化进程速度较快这一特点在锡林浩特市尤为突出,随着煤电基地开发过程中,区域内人口数量快速增加,并导致建设用地扩大和局部生态压力增大。因此,在工业化进程加速、牧业发展规模扩大和相对恶劣的自然条件的三重压力下,会对区域植被、土壤和地下水等生态要素和原本脆弱的草原生态系统产生深远影响。因此,必须严格保证生态建设以及水土保持工程与煤电开发同步进行,严格限制高耗水、高污染行业的发展,严禁开荒耕种,注重对草原生态系统的保护、优先保障生态需水,防止典型草原向沙漠化草原的演变(图 1)。

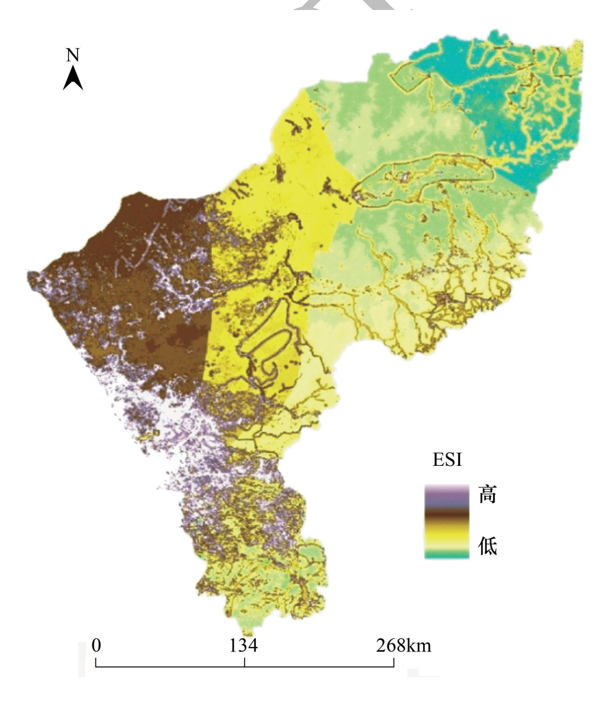


图 1　生态环境敏感度空间分布图

Fig.1　The spatial distribution map of the ecological environment sensitivity

(4)生态敏感度低的区域主要集中分布于东部的草甸草原地带,地域人口相对稀少,自然条件相对较好生态敏感度低的区域适宜开发建设,在开发建设过程中需要防止在煤炭开采和煤化工工业的发展的过程中,导致草原植被和湿地萎缩和消亡,避免生态系统退化的趋势进一步扩大到难以逆转的局面(图 1)。

2.2　生态弹性评价

生态弹性因子系统评价主要体现了当生态系统遇到外界干扰时自我的调节能力以及恢复的程度[14-15]。生态弹性指数越大,表示生态系统的弹性限度越高,生态系统抗干扰性越好,生态系统的稳定性就越好。

(1)生态弹性低的区域主要集中分布于锡盟的中西部地区,多为沙漠草原或处于沙漠草原和典型草原之间的过渡地带

由于过度放牧和草场超载,并受区域自然环境条件特别是降水因子制约,该地区草原生态系统呈现不同程度的退化,加之这些地区的土地生产力偏低,人口承载量小,致使该区域的生态系统比较脆弱,生态承载能

力较低和生态弹性度低。因此,随着矿区的开采和建设,在一定程度上人为景观代替了自然景观,改变了局部区域环境中的物质循环过程,打破了原有生态系统的平衡状态,可能使原有的生态环境结构或状态发生一定程度的变化。尤其在煤电基地建设过程中,伴随大量的施工建设,不可避免地会造成矿区及周边地面扰动,从而带来植被破坏、土壤侵蚀、土地盐渍化和沙化、湿地萎缩、退化等一系列的生态环境问题,特别区域开发强度加大后,生态系统的弹性降低,生态系统抗外界干扰能力进一步下降,生态系统将遭到进一步破坏,生态系统的稳定性也进一步变差(图2)。

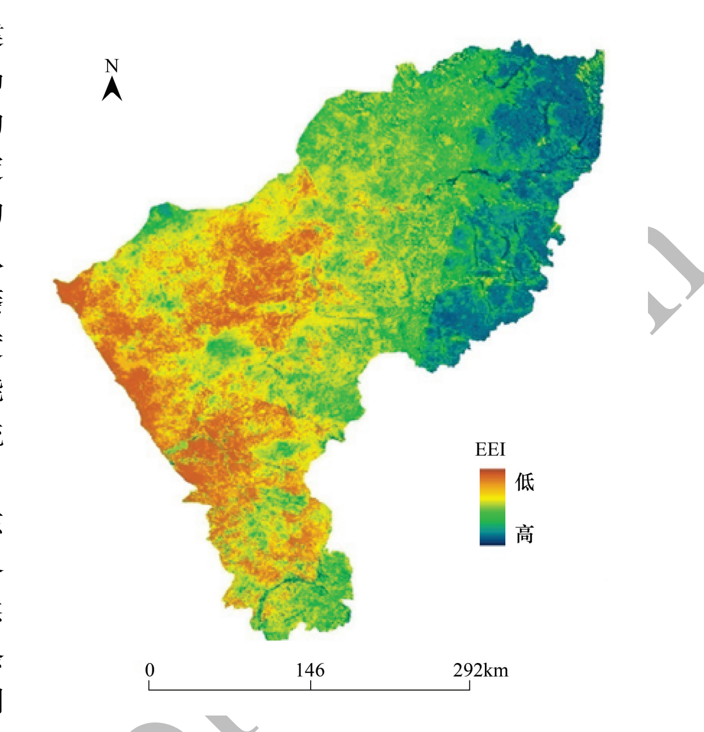


图2 生态弹性度的空间分布图

Fig.2 The spatial distribution map of the ecological elasticity

(2)生态弹性高的区域主要集中分布于锡盟的东北部,生态系统稳定程度较高、植被情况良好,抵御外界干扰能力和自我恢复能力比较强,基本上处于稳定状态

此地区具有大量的湿地资源和相对较好的自然条件,近年来,随着工业化进程的加速和一些工农业水利等设施的修建,对该区域植被、土壤和地下水等生态要素和原本脆弱的草原生态系统产生深远影响,造成草地被开垦、退化,再加上近年来的气候干旱,水面蒸发量加大,径流量补给不足,使许多湖泊干涸或濒临干涸,河流断流,大片沼泽湿地消失,泥炭层裸露,沼泽低湿植被向中、旱生植被演变,生物多样性锐减,因此,在煤电基地开发建设的过程中必须严格保证生态建设与水土保持工程与基地建设和矿区开发同步进行(图2)。

2.3 生态压力评价

生态环境所面临的压力主要与人类活动方式、强度与规模等因素密切相关。生态压力指数可以通过生态环境承载的人口数量、资源利用方式和环境治理三个方面来反映[16]。对于承载对象的压力评价,反映了资源损耗、环境污染及人口压力和经济增长带给生态系统压力状况的评价,指数越大,表明生态系统受到的压力越大,系统的承载能力越弱,指数越小,表示系统受到的压力越小,相应的系统的承载能力就越强。

(1)阿巴嘎旗的生态压力指数最小

该区域生态系统受到的生态压力小,源于该区域的经济基础薄弱,工业化程度较低,人口密度相对小且其生产经营方式简单。但该区域属于高生态敏感度和低生态弹性度的地带,说明该局部区域生态承载负荷较重,生态修复进展相对缓慢。因此,在煤电基地建设过程中,各矿区的扩建、开工以及开采过程将会对该区域的草原生态系统产生一定的破坏和扰动,需严格落实各项生态保护与修复的措施。

(2)锡林浩特市的生态压力指数最大, 西乌旗的生态压力指数也相对较高

锡林浩特市的人口密度最大和工业化程度最高,生态压力最大。从一定程度上可能加速局部地表植被退化,植物品种单一,并逐步演变为沙生、旱生植被,导致区域土地沙漠化和土壤盐渍化,使草原面积萎缩。

2.4 区域生态环境脆弱性评价

对于生态环境脆弱性评价中的3个因素层中的生态敏感度、生态弹性度和生态压力,采用层次分析法,确定其权重,最后基于ArcGIS空间分析下,完成定量评价。

根据生态环境脆弱指数,采用自然断裂点法(Natural break),将研究区域的生态环境脆弱性划分为4个空间区域,分别为潜在脆弱(0.22—1.20)、轻度脆弱(1.20—1.75)、中度脆弱(1.75—2.57)和重度脆弱(2.57—4.21),具体的生态脆弱性描述见表1。

表 1　生态环境脆弱性的分级标准

Table 1　The grading standard of the ecological environment vulnerability

脆弱度指数 Vulnerability index	脆弱度等级 Vulnerability level	生态环境特征 Eco-Environment Characteristics
2.57—4.21	重度脆弱	生态问题和生态退化严重,容易恶化
1.75—2.57	中度脆弱	中等生态压力,容易发生生态问题,生态系统具有较好的自我恢复能力,能够在合理的保护下还原
1.20—1.75	轻度脆弱	抵抗力稳定性和恢复力稳定性强
0.22—1.20	潜在脆弱	无明显脆弱因子

根据生态环境脆弱性的分级标准,划分得到的研究区域生态环境脆弱性分区结果如图 3 所示。

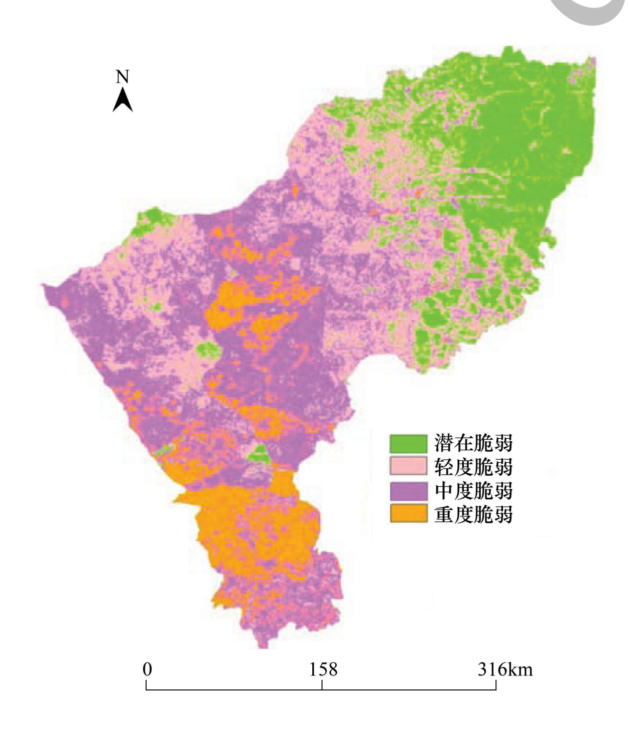


图 3　生态环境脆弱性评价

Fig.3　Study on ecological environment vulnerability

3　结论

(1)生态环境质量总体较好,高度脆弱性区域面积比重较低

生态环境质量较好的地区(潜在脆弱)占总面积的 26.53%,主要分布于东乌珠穆沁旗和西乌珠穆沁旗,属于草甸草原该区域的在年平均降水量 290—340mm,年平均气温在 0.2—1.4℃,区域内雨量较充沛,土壤丰厚,腐殖质丰富,生态环境相对较好,草甸草原生态环境脆弱性程度较轻,呈未退化状态与退化较轻。这显然与人类的放牧利用强度有关。

轻度脆弱地区(轻度脆弱)占地区总面积的 32.49%,属于典型草原,处于草甸草原和沙漠草原的过渡地带,旱生的多年生草本植物所组成的,分布于荒漠草原以东的锡林郭勒高平原中西部,平均降水量 240—290mm,年平均气温在 1.4—2.6℃的区域,是锡林郭勒草原的主体区域,但在河谷阶地与平原丘陵区,居民点较为密集,放牧强度大,造成草原植被退化较为明显。区域生态脆弱程度低。

中度脆弱的面积比例为 32.37%,同样属于典型草原,但其濒临西部的沙化草原,湿润度大概在 18—22 之间,该区域水分适中,气温也适中,面积相对较大,地形上也有明显的变化,从乌珠穆沁波状高平原过渡到阿巴嘎熔岩台地,从阿巴嘎熔岩台地逐渐过渡到苏尼特层状高平原,植物群落类型上有明显的过渡类型,与降水量有密切关系,该区域生态环境较为脆弱,一方面源于自然气候条件,另一方面由于过度放牧,沙化趋势趋于严峻,土地退化严重。区域生态系统处于较脆弱阶段,自然条件相对恶劣,生态系统稳定性较差,外来因素稍加干扰,如果区域无序发展,人口急剧膨胀,生态系统很快就会发生逆性演替,后将导致整个该地带面临巨大挑战。

表 2　生态环境脆弱性面积统计

Table 2　The statistic of area of ecological environment vulnerability

类型 Types	潜在脆弱 Potentially Vulnerable	轻度脆弱 Gently Vulnerable	中度脆弱 Moderately Vulnerable	重度脆弱 Seriously Vulnerable
面积/km^2	32574.19	39889.52	39747.12	10580.53
比例/%	26.53	32.49	32.37	8.62

重度脆弱所占的面积比例最小,仅为 8.62%,主要分布于南部和西南部,为荒漠草原,在局部区域生态问题尤为突出,尤其在部分湖泊周围盐碱化严重,地下水位高、蒸发量大、气候较干旱,造成盐碱在地表面聚集,逆向演替的趋势难以被扭转。

(2)区域生态环境质量从东北向西南呈现阶梯式递减

从评价结果来看,锡盟区域的生态环境质量从东北向西南有逐渐递减的趋势。东部地区的降水条件好,土地退化少,植被的覆盖率高,但局部地区由于超载过牧,生态环境质量也在逐步下降;西南部地区,尤其是多伦和正蓝旗等地的草地沙化严重,生态环境质量恶劣。

参考文献(References):

[1] 贺丽娜, 康慕谊, 徐广才. 锡林郭勒盟生态经济类型区划分及可持续发展研究. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2009, 45(3): 307-313.

[2] 锡林郭勒盟统计局. 锡林郭勒盟统计年鉴. 2002-2014.

[3] 杨敏英. 建设新型国家战略能源基地的内蒙古煤炭工业发展战略. 煤炭经济研究, 2010, 30(10): 14-15, 35-35.

[4] 白润才,白羽,刘光伟,王志鹏,王喜贤. 浅谈露天煤矿环境问题及其解决方法. 能源环境与保护, 2012, 26(5):36-39.

[5] 范英宏,陆兆华,程建龙,周忠轩,吴钢. 中国煤矿区主要生态环境问题及生态重建技术. 生态学报, 2003, 23(10): 2144-2152.

[6] 耿海清,陈帆,刘杰,安祥华,蔡斌彬. 煤炭富集区开发模式解析——以锡林郭勒盟为例. 地域研究与开发, 2010, 29(4):32-37.

[7] 商锡跃,李海清. 浅议节水措施在锡盟生态建设中的作用. 内蒙古水利, 2010, (5):139-140.

[8] 贾飚,陈刚,杨耀. 草原区露天煤矿排土场水土保持防治技术探索——以锡林郭勒盟乌兰图嘎锗煤露天矿为例. 内蒙古水利, 2010, (2): 25-26.

[9] 薛炎荣,赵唱尧. 锡林郭勒盟煤炭资源开发研究. 煤炭设计, 1994, (9):5-9.

[10] 翟德双. 煤电一体化坑口电厂的节能减排工作. 上海电力, 2008, (6):565-568.

[11] 康虎彪,刘传庚,谭玲玲,丛威,史志斌. 能源产业基地综合环境承载力评价研究——以内蒙古锡林郭勒盟煤炭资源开发为例. 中国能源, 2010, 32(3):26-30.

[12] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究. 生态学报, 2000, 20(1): 9-12.

[13] 刘康, 欧阳志云, 王效科, 徐卫华, 苗鸿. 甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布. 生态学报, 2003, 23(12): 2711-2718.

[14] 高吉喜. 可持续发展理论探索: 生态承载力理论、方法与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.

[15] 王云霞, 陆兆华. 北京市生态弹性力的评价. 东北林业大学学报, 2011, 39(2): 97-100.

[16] 徐福留, 赵珊珊, 杜婷婷, 詹巍, 赵臻彦, 郝君宜, 张颖. 区域经济发展对生态环境压力的定量评价. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(4): 30-36.